Stanford University Libraries
MAY 23 1904

Aus der kgl. chir. Universitäts-Klinik zu Kiel.

Beitrag

zur

Kenntnis der mechanischen Hergänge bei der Entstehung der Frakturen des Schädeldaches.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der hohen medizinischen Fakultät

der Königlichen Christian Albrecht-Universität zu Kiel

vorgelegt von

Ernst Teller,

approb. Arzt aus Königshayn, Kreis Görlitz, Oberlausitz.

Kiel 1903.

Druck von C. H. Jebens, Kiel-G.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/beitragzurkenntn0000erns_h1x6

Aus der kgl. chir. Universitäts-Klinik zu Kiel.

Beitrag

zur

Kenntnis der mechanischen Hergänge bei der Entstehung der Frakturen des Schädeldaches.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der hohen medizinischen Fakultät

der Königlichen Christian Albrecht-Universität zu Kiel

vorgelegt von

Ernst Teller,

approb. Arzt aus Königshayn, Kreis Görlitz, Oberlausitz.

Kiel 1903.

Druck von C. H. Jebens, Kiel-G.

No. 128.
Rektoratsjahr 1902/03.
Referent: **Dr. Helferich.**
Zum Druck genehmigt:
Fischer,
z. Z. Dekan.

Meinen Eltern

in dankbarer Liebe

gewidmet.

Wenn man die verschiedenen Formen der Frakturen des Schädeldaches betrachtet, erwacht ganz von selbst die Frage nach den mechanischen Hergängen, die zu so verschieden gestalteten Zusammenhangstrennungen führten. Die Beantwortung dieser Frage ist für den Chirurgen wie für den Gerichtsarzt von gleich hohem Wert. Der Chirurg vermag durch die Kenntnis des Entstehungsmechanismus Veränderungen in der Tiefe mit Sicherheit zu vermuten, wenn sein Auge, seine Hand und die übrigen Hülfsmittel der Untersuchung längst versagen. Der Gerichtsarzt ist in vielen Fällen wohl imstande aus der Form der Fraktur auf die Gestalt des Werkzeugs, auf die Gewalt, mit der es geführt wurde, und die Richtung, aus welcher der Angriff erfolgte, wichtige Schlüsse zu ziehen. Da der Schädel der gefährdetste Teil des Körpers ist und seine Frakturen sowohl durch ihre Formen als auch ihre Gefährlichkeit für Leben und Gesundheit von altersher hohes Interesse erweckten, so haben die berühmtesten Ärzte aller Zeiten ihnen ihre Aufmerksamkeit zugewendet. Eine exaktere Behandlung der Frage nach dem Entstehungsmechanismus wurde aber erst angebahnt, als die physikalischen Eigenschaften des Schädels als Ganzes und seiner Knochensubstanz durch V. v. Bruns und Rauber näher studiert wurden. v. Bruns und nach ihm Messerer, Félicet, v. Bergmann suchten durch mannigfaltige, geistreiche Versuche die Elasticität des Schädels im ganzen messbar zu bestimmen. Die Elasticität des Knochengewebes, das ist seine Fähigkeit, eine durch Zug oder Druck erlittene Formveränderung nach Wegfall dieser Kräfte wieder vollständig auszugleichen, hat Rauber näher bestimmt, ebenso wie die Festigkeit des Knochengewebes. Unter Festigkeit des Knochengewebes

versteht man die Widerstandskraft, welche es seiner Zerteilung durch Einwirkung äusserer Gewalten entgegensetzt. Die kompakte Substanz zeigt nach Rauber im frischen Zustande und mittlerem Lebensalter eine absolute d. h. Zugfestigkeit von 9,25—12,21 kg pro qmm, steht also der des Messings und Gusseisens nahe. Noch höher ist die rück wirkende d. h. Druckfestigkeit, welche 12,56—16,8 kg pro qmm beträgt, also das doppelte der des Holzes, Granites und Bleies. Die Zugfestigkeit der Knochensubstanz verhält sich also zur Druckfestigkeit ungefähr wie 9 : 12 oder wie 3 : 4. Aus diesen Werten folgt, dass immer sehr erhebliche Gewalten zur Entstehung einer Zusammenhangstrennung am gesunden Knochen gehören. Während die Frakturen der übrigen Skelettteile meist indirekte sind, schreibt v. Bergmann über die Frakturen des Schädels: „Im Gebiet der Schädelbrüche giebt es keine indirekten Frakturen. Selbst die entfernt von der Angriffsstelle der Gewalt auftretenden Sprünge sind deren direkte Wirkung, welche sich jedesmal sowohl an dem Orte des Angriffs als in der Form und Gestaltveränderung des gesamten, elastischen Schädelsphäroides äussert.“ Abgesehen von den groben Gewalten wie Maschinengewalt und grobes Geschütz, die den Schädel oft völlig in Trümmer legen oder grosse Stücke aus ihm herausschlagen, die vom Körper weggeschleudert oder unter die Nachbarschaft zwischen Schädel und Dura verschoben werden können, werden die Fissuren und Frakturen des Schädeldaches durch Keilwirkung, Biegung, Dehnung, Stoss und hydraulische Sprengung hervorgerufen, indem entweder ein in Bewegung befindlicher Körper, ein Schlag, Stich, Wurf oder Schuss den Schädel trifft oder dieser selbst, in Bewegung geratend, gegen einen harten, unnachgiebigen Gegenstand stösst oder fällt. Die Grösse der Geschwindigkeit und der Angriffsfläche, die Form des Werkzeugs, die Richtung des Angriffs und die anatomische Beschaffenheit der getroffenen Stelle bestimmen die Form der Zusammenhangstrennung am Schädeldach. Über den Mechanismus der Schädelverletzungen besteht eine recht ausgiebige Litteratur. Doch ergingen sich fast sämtliche Studien auf das Entstehen der Schädelverletzungen, wie sie durch ausgebreitete,

stumpf wirkende Gewalt erzeugt werden, wie die Arbeiten von v. Bruns, v. Bergmann, Messerer, Hermann, v. Wahl und anderen. Eine verhältnismässig kleine Zahl, unter denen Teevan und Paltauf vor allem zu nennen sind, haben den Mechanismus derjenigen Frakturen des Schädeldaches experimentell studiert, welche durch Gewalten mit kleiner Angriffsfläche erzeugt werden.

Wenn Bohl einen Meissel in den Knochen trieb, spaltete er ihn durch Fissuren, die in ihrem Beginne den Schmalseiten des Meissels entsprachen und in einer Linie mit seiner Schneide verliefen. Gerade so verhalten sich die von Beilhieben ins Schädeldach ausgehenden Sprünge. Je weiter der Meissel vorgetrieben wurde, desto mehr klafften die Fissuren, um nach seiner Entfernung zusammenzuschnappen. Längs eines Beilhiebes zeigen sich Knickungen und Sprünge der Ränder, die mit der Dicke des Keiles an Zahl und Grösse wachsen. Die tabula externa zeigt sie entlang der Hiebwunde, die tabula interna bricht nach Paltauf's Beobachtung entweder in entsprechender Weise ein, oder aber sie wird in weitem Umfange gegen das Hirn zu losgebrochen, ohne dass man an ihr eine Andeutung einer Hiebwunde erkennen könnte. Alles dies ist Keilwirkung, wie sie jedem Instrument, das von der Schärfe aus sich verbreitert, wie zum Beispiel allen Hiebwaffen, nicht fehlen kann. So beobachtet man, dass von einer durch einen Säbelhieb gesetzten Zusammenhangstrennung in der Richtung des Hiebes lange Fissuren sich ins Schädeldach hineinziehen. Auch in den Schädel getriebene Zapfen, spitzzulaufende Stockkrüken, matte Spitzkugeln haben starke Keilwirkung zur Folge, indem die meist kurzen, radienförmig von einer Lochfraktur ausgehenden Sprünge auf Keilwirkung wohl grösstenteils zu beziehen sind. Im Momente des Entstehens hat jedesmal eine Fissur geklafft. Das geht mit Sicherheit daraus hervor, dass man oft Haarbüschel in den Fissuren eingeklemmt sieht, ja Fälle beobachtet hat, in welchen beim Vorhandensein einfacher Fissuren Stücke von Kugeln, Hautfetzen und dergleichen im Gehirn gefunden wurden oder die Dura in die Fissur geklemmt war. Die unmittelbar vom Keil getroffene Stelle zerfällt durch Kompression des Knochen-

gewebes, wodurch es ein weissliches Aussehen gewinnt, in feine und feinste Splitter.

Der Biegungsmechanismus ist am durchsichtigsten bei denjenigen Frakturen der Schädelconvexität, die durch Angriffe mit mässiger Geschwindigkeit mit Gegenständen und Werkzeugen von verhältnismässig kleiner Oberfläche entstehen. v. Bergmann giebt in seiner „Lehre von den Kopfverletzungen" etwa folgende Schilderung des Biegungsmechanismus. Die Biegung betrifft sowohl die unmittelbar getroffene Stelle als auch den Schädel als Ganzes. Wird nämlich der Schädel in einem beliebigen Durchmesser zusammengedrückt, so findet in der Richtung des Druckes eine Verkürzung, in den Durchmessern der zu ihr senkrechten Kreisbögen aber eine Verlängerung statt. Nach diesen beiden Richtungen verändert jede Gewalt sowohl die ausgedehnte und breite als die an beschränkter und eng umschriebener Stelle angreifende die Gestalt des Schädels. Das beste Paradigma für den Biegungsmechanismus sind die Brüche mit trichterförmiger Depression. Sie sind die Wirkung eines Angriffs mit einem Gegenstande von kleiner Oberfläche und geringer Geschwindigkeit. Die Mitte des Stückes erfährt allein die Gewalt und wird, dadurch dass von dem zuerst getroffenen Punkte alle ihre Teile nach und nach herabgedrückt werden, flach gelegt. Da die einwirkende Gewalt den getroffenen Teilchen keine solche Geschwindigkeit zu erteilen vermag, dass die Cohäsionskräfte aufgehoben werden könnten, so zieht ein Teilchen das andere nach sich, und es erweitert sich so immermehr der Ring, der sich von den mitgezogenen Teilchen um das getroffene Centrum bildet. Es ist klar, dass durch die Flachlegung die gewölbte Umgebung eine Spannung erfährt. Die Flachlegung kann in Einbiegung übergehen, so lange bis der einwirkenden Kraft eine gleichgrosse Spannung entgegensteht oder bis es an der Peripherie des deprimierten Stückes und radiär von dem Centrum der Depression zur Zusammenhangstrennung kommt, indem die Elasticität der knöchernen Schale über Gebühr in Anspruch genommen wird. Wie bei einem Stück Papier, das man auf den von Daumen und Zeigefinger gebildeten Ring legt und in der Mitte herabdrückt, Falten sich

bilden, so werden bei der peripher unterstützten, central deprimierten Knochenplatte in ihrer spröden, elastischen Substanz Spannungen entstehen, die zu Sprüngen führen. So kommt es zur Bildung der Splitterbrüche und der Sternbrüche, bei denen die einzelnen Fragmente eine gewisse Regelmässigkeit besitzen, indem sie von einem gemeinsamen Mittelpunkt radienförmig ausstrahlende Sprünge begrenzen. Hört die Einwirkung auf das deprimierte Centrum vor der Zusammenhangstrennung auf, so kann das deprimierte Stück elastisch wieder zurückschnellen und keine Formveränderung hinterlassen. Es kann aber auch die Elasticität der Umgebung sich so sehr geltend machen, dass sie die Basis des eingetriebenen Kegels einschnürt und sein Zurückspringen hindert. „Die Schädelwandungen sind offenbar", sagt v. Bergmann, „viel weniger elastisch aber auch viel weniger duktil als die einer metallenen Hohlkugel, in welche leicht Dellen ohne gleichzeitige Sprünge geschlagen werden können. An der getroffenen Stelle des Schädels gleicht die Abflachung und wohl auch die Einbiegung sich sofort wieder aus oder geht in unmittelbarer Folge in Zusammenhangstrennung über". Eine Ausnahme davon macht der Schädel des Foetus und der sehr junger Kinder. v. Hofmann zeigte, dass nicht nur das Promontorium, sondern auch ein leichter Fingerstoss gegen das Parietale eines Neugeborenen ohne jede Fissur einen löffelartigen Eindruck hervorrufen könne. Der geschilderte Vorgang der Streckung und Einbiegung des Schädelgewölbes am getroffenen Punkte mit der hiervon abhängigen, elastischen Spannung oder Dehnung der nächsten Umgebung des eingedrückten Kegels giebt auch nach v. Bergmann das Verständnis für die Bildung von Fissuren um die localisierten Stückbrüche mit und ohne Eindruck sowie um einen grossen Teil der Lochbrüche.

Zu den Biegungsbrüchen ist ein grosser Teil der sogenannten isolierten Frakturen der tabula interna zu rechnen, die von jeher die Aufmerksamkeit der Chirurgen auf sich gelenkt haben und für die die verschiedensten Erklärungen gegeben worden sind. Man sah sie als Beweis einer grösseren Sprödigkeit an, durch welche die tabula interna ausgezeichnet

sei und nannte diese deshalb vitrea, Glastafel. Diese bequeme Erklärung wurde aber hinfällig, als Luschka gleich dünne Scheiben der Externa und Interna untersuchte und sie in gleichem Masse brüchig fand. Der Bau der Tafeln ist rücksichtlich der Knochenkörperchen und der Haversischen Kanälchen genau derselbe, desgleichen auch ihre chemische Zusammensetzung, welche Aderholdt analysiert hat. Teevan erklärte zuerst die Erscheinung richtig durch den Hinweis darauf, dass das Knochengewebe dem Zerdrücken einen grösseren Widerstand entgegensetze als dem Zerreissen. Dass die tabula i. allein und, wenn sie mit der Externa gleichzeitig bricht, ausgedehnter als diese gebrochen wird, ist nur durch die gewöhnliche Richtung der brechenden Gewalt von aussen nach innen bedingt. Die circumskripte Kontinuitätstrennung an einer beschränkten Stelle und kleinen Schädelpartie ist, wie schon erwähnt wurde, Folge einer Gewölbestreckung und Einbiegung über die Elasticitätsgrenze des Knochens hinaus; sie muss daher stets an der tabula i. ihren Anfang nehmen. Denn sucht man einen Stab über's Knie zu brechen, so beginnt der Bruch immer an der der Gewalt abgewendeten, convexen Seite, da an dieser eine Auseinanderzerrung der Teilchen stattfand, an der der Gewalt zugewendeten Seite werden dagegen die Teilchen einander genähert. An der Seite, wo die Teilchen auseinandergezerrt werden, wird notwendiger Weise der Bruch beginnen, da der Widerstand gegen das Zerreissen eben geringer ist als gegen das Zerdrücken. Ganz dasselbe findet auch am Schädeldach statt. Da die Gewalten gewöhnlich von aussen wirken, müssen notwendiger Weise bei einer stattfindenden Impression die Teilchen der tabula i. auseinandergezogen, die der tabula externa einander genähert werden. Es erklärt sich daher aus dieser Überlegung zwanglos, warum die tabula i. eher bricht als die tabula externa, und dass es zu einem isolierten Bruch der tabula interna kommen kann, wenn die einwirkende Gewalt gerade in dem Augenblicke sich erschöpft, wenn die Dehnung der tabula interna zum Sprunge geführt hat. Dieselben Vorgänge wie an der tabula interna spielen sich an der tabula externa ab, wenn die Gewalt von innen wirkt

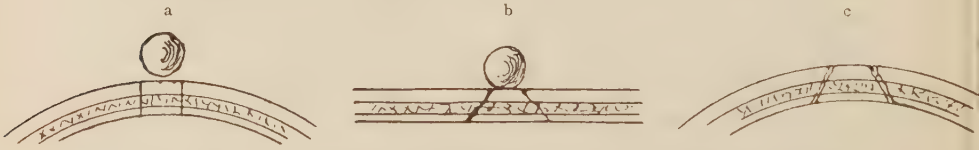
wie man experimentell und an Selbstmördern gesehen hat, die sich eine Kugel nach dem Hirn hin in den Mund schossen.

Die Teevan'sche Theorie erklärt wohl die Thatsache, warum die tabula interna eher und oft allein bricht, nicht aber scheint sie ausreichend zu sein zur Erklärung des Umstandes, dass bei gleichzeitiger Fraktur der tabula externa die tabula i. umfangreicher gebrochen ist, dass sich zuweilen ein Fragment bildet von der Form eines abgestumpften Kegels und dass bei unverletzter tabula externa die Interna in grösserem Umfange abgesplittert ist. Dass diese Erscheinungen durch den Biegungsmechanismus wohl kaum zu erklären sind, darauf weist Kocher in seiner „Lehre von den Schusswunden" hin. Er beobachtete bei einem Schuss auf eine Diaphyse die Bildung eines keilförmigen Fragmentes, dessen Spitze der Richtung, aus der die Gewalt kam, zugerichtet war, umgekehrt wie bei den Biegungsfrakturen. Denn, wenn ein Stock oder ein Röhrenknochen bricht, so kommt es an der der Gewalt abgewendeten Seite zunächst zur Continuitätstrennung. Von da ziehen aber die Bruchlinien nach der der Gewalt zugekehrten Seite und so kann es zur Aussprengung des typischen Keils kommen, dessen Spitze der Gewalteinwirkung abgewandt, dessen Basis ihr zugewendet ist, also völlig umgekehrt wie bei dem Kocher'schen Fall und wie am Schädeldach. Hier kommt es auch des öfteren zu der Aussprengung der seltsamen Fragmente, die einem abgestumpften Kegel ähnlich sehen, dessen Spitze aber der Gewalteinwirkung zugekehrt, dessen Basis dagegen ihr abgewendet ist, gleichgültig, ob die Gewalt von innen oder aussen das Schädeldach traf. Es ist der Bildung dieser kegelstumpfartigen Fragmente in der Litteratur wenig Erwähnung gethan. Paltauf ist es wiederholt gelungen, durch Stiche mit grosser Gewalt und Schnelligkeit experimentell die Lamina i. als dünnes Plättchen mit einem aufsitzenden konischen Säulchen, aus der Substanz der Diploe gebildet, loszusprengen. Dies wird seiner Meinung nach begünstigt durch zartes, lockeres Gefüge der Spongiosa und Dicke der Tabula interna. „Ich bin der Überzeugung", schreibt er, „dass die geschilderten Stichbrüche sowie diese Art von Lochschüssen einem ganz gleichartigen Mechanismus

ihr Entstehen verdanken, bei dem die Beschaffenheit der Spongiosa und der Glastafel eine hervorragende Rolle spielen. Trifft das Geschoss die äussere Tafel, so bricht es diese gegen die Diploe ein, sodann diese und reisst sie ab, indem sie zugleich — beim Schusse auf den Schädel von aussen — die tabula int. gegen innen zu vorwölbt. Ist die lamina int. dünn, desgleichen auch die Spongiosa, so wird sie vom Geschosse in einem sehr wenig oder gar nicht in der Lichte zunehmenden Kanal durchsetzt, ist die innere Glastafel aber dick, somit widerstandsfähiger, so wird sie bei der erwähnten Vorwölbung, bevor sie selbst einbricht, notwendig sich von der Spongiosa, die vom Geschosse durchbrochen wird, losreissen und dies in so weiterem Umfange, als dieses Abreissen leichter erfolgen kann. Es ist offenbar die Cohäsion der Teilchen der Glastafel untereinander grösser als die Adhäsion derselben an der Diploe. So muss denn auch der Durchschnitt einer solchen Verletzung einen dem eines flachen Kegelstutzes oder einer Stufenpyramide ähnlichen ergeben. Es beginnt auch, wie man sich leicht überzeugen kann, die auffallendste Abschrägung in jener Schichte des Knochens, wo Glastafel und Diploe aneinanderstossen, daher je nach der Dicke dieser Schichten verschieden hoch. Man kann es daher als eine Thatsache hinstellen, dass mit der Dicke und Zartheit der Spongiosa und der Stärke der Glastafel die Abschrägung wächst. Wie bei den geschilderten Stichbrüchen lässt sich diese Erscheinung an einer Schussverletzung beobachten, wenn eine passende Knochenstelle getroffen war. Bei diesen Lochbrüchen kann nun von einer Wirksamkeit der Splitter im Sinne Teevan's und v. Bergmann's wohl gar nicht die Rede sein". Während nämlich v. Bergmann der Entstehung dieser seltsamen kegelförmigen Fragmente keine Beachtung schenkt, schreibt er betreffs der nach dem Ausschuss hin erweiterten Schusskanäle: „Die gewöhnlichen Pistolen- und Revolverschüsse machen selbst bei Naheschüssen keine oder nur kurze radiäre und eine oder zwei concentrische Fissuren um die Eingangsöffnung des kurzen cylindrischen Geschosses. Selten durchsetzen sie den Kopf mit Ein- und Austrittsöffnung im Schädel, meist bleiben sie im Gehirn

stecken. Charakteristisch ist, wenn zwei Öffnungen vorhanden sind, deren Verhalten, aus welchem man sofort den Einschuss von dem Ausschuss unterscheiden kann. Die Schussöffnung in der lamina int. ist grösser als die der lamina ext., bei einem von innen kommenden Schuss ist das Verhalten umgekehrt. Dies Verhalten erklärt sich folgendermaassen. Die Eintrittsöffnung wird von der Kugel allein durchschlagen, die Austrittsöffnung aber nicht nur von der Kugel, sondern auch von den mitgerissenen Massenteilchen. Dass hierdurch und nicht durch Abschwächung der Flugkraft die grösseren Dimensionen der zweiten Öffnung erklärt werden, lässt sich leicht zeigen. Stellt man nämlich zwei Bretter hintereinander mit geringen Zwischenräumen auf und lässt sie beide von derselben Kugel mit einem Schusse durchbohrt werden, so ist in jedem Brette die Eingangsöffnung die kleinere, die Ausgangsöffnung die grössere." v. Bergmann vertritt in diesen Sätzen die Erklärung, die Teevan auf Grund einer grossen Reihe von Experimenten gegeben hat. Teevan machte seine Versuche, an Zahl 125, im Leichenhause des Westminster-Hospitals an Schädeln von Personen im Alter von 16—20 Jahren, um zu ermitteln, welches im allgemeinen die vergleichsweise wechselnden Formen der Ein- und Ausschussöffnung sind, und welches die Ursache der konstant relativ bedeutenderen Grösse der Ausgangsöffnung ist. Die Erklärungen der früheren Autoren waren folgende: 1. Die innere Tafel hat eine stärkere Brüchigkeit als die äussere. 2. Die innere Tafel hat keine Stütze und muss daher mehr leiden als die äussere, welche von ihr gestützt wird. 3. Der eindringende Körper verliert einen Teil seiner bewegenden Kraft, indem er durch die erste Platte und die Diploe dringt. Er trifft deshalb mit verminderter Kraft auf die zweite Platte und verursacht dadurch hier eine grössere Zerstörung, welche also die Folge einer abgeschwächten Flugkraft wäre. 4. Da die lamina interna die Oberfläche einer Kugel von kleinerem Radius als die lamina ext. darstellt, so muss sie bei ihrer Einbiegung eine stärkere Dehnung erfahren. Die unter 1., 3. und 4. angeführten Erklärungen lassen sich leicht aus dem schon Gesagten widerlegen. Die Unrichtigkeit der 2. Deutung

glaubte Teevan dadurch widerlegt zu haben, dass er beim Schuss auf ein der Diploe und vitrea entkleidetes Schädeldach einen nicht merklich an Weite zunehmenden Schusskanal ohne Splitterung der Tafel erhielt. Er schloss daraus, dass eben die Form der Öffnung nicht von dem Vorhandensein oder dem Fehlen der Unterstützung, sondern von den aus dem Schusskanal getriebenen Knochenstückchen abhängig sei. Dieser Versuch wäre wohl anders ausgefallen, wenn er mit einer sehr schwachen Ladung geschossen hätte oder auf eine besonders starke lamina ext. Direkt Bezug auf die Entstehung der Fragmente von der Form abgestumpfter Kegel nimmt Hoffa in seinem Lehrbuch der Frakturen und Luxationen, 3. Auflage, 1896. Er schreibt: „Es kommt hierzu noch ein Umstand, der in der gewöhnlichen Richtung der brechenden Gewalt zu suchen ist. Bei dieser wird die äussere Lamelle nur von dem andringenden Fremdkörper, die innere aber von dem Fremdkörper plus dem ausgebrochenen Stück der äusseren Lamelle betroffen, so dass die ganze herausgebrochene Partie notwendig die Form eines abgestumpften Kegels erhalten muss und die lamina interna ausgiebiger splittern muss. Es ergiebt sich dies aus dem beistehenden Schema."



Der Zusammenhang dieses Schemas mit der theoretischen Erörterung ist erstens nicht leicht einzusehen, zweitens scheint es auch einen Trugschluss zu enthalten. Denn es leuchtet doch ein, dass die Geraden, die bei a. senkrecht über einander liegende Punkte verbinden und parallel verlaufen, bei b. wenn der Knochen durch die Kugel flach gelegt ist, sich so einander zuneigen müssen, dass die der Gewalt zuliegenden Punkte sich nähern, die ihr abgewendeten Endpunkte sich von einander entfernen müssen, um bei c, wenn der Schädel wieder elastisch zurückschnellt, wieder wie bei a parallel zu verlaufen, so dass also ein cylindrischer Schusskanal und ein

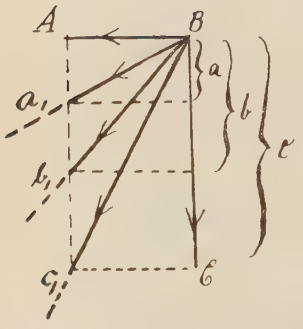
ebenso geformtes Fragment, aber keine konische Gestalt resultieren würde. Die Erklärung, dass das Mitreissen der Nachbarschaft die trichterförmigen Schusskanäle und auch die kegelförmigen Fragmente bedinge, dürfte wohl kaum in Betracht kommen für die Deutung des Entstehungsmechanismus der Präparate, wie sie Paltauf beschreibt und abbildet, und des wunderschönen Präparates, das Herr Geheimrat Helferich in Fig. 24 seines Atlasses und Grundrisses der traumatischen Frakturen und Luxationen hat darstellen lassen. Es ist gewonnen durch einen Schuss auf das abgesägte Schädeldach einer männlichen Leiche von der Innenseite her. An der Einschussstelle (tabula int.) entstand ein rundes Loch, während an der Ausschussstelle ein grösserer, regelmässiger Defekt entstand. Das gelöste Bruchstück besitzt eine pilzartige Form seitlich betrachtet, erscheint von oben eigentümlich rosettenartig, aus einzelnen noch lose zusammenhängenden Stücken bestehend. Die Bruchstücke der Lamina int. und der Diploe bilden einen steilkegelförmigen, rundlichen Pfropf, welcher dem flach konischen, mit leicht gekrümmten Hang versehenen Fragment der tabula ext. aufsitzt, das einen dreimal grösseren Durchmesser an seiner Basis hat als der des Pfropfes. Ähnliches hat Herr Geheimrat Helferich wiederholt beobachtet. Die Erklärung, die Teevan und v. Bergmann für die Entstehung der trichterförmigen Schusskanäle geben, kann für diese eigenartigen Bruchformen nicht in Betracht kommen, da ja in diesem Fall Massenteilchen, die als selbständige, kleine Geschosse weiter wirkend zur Zertrümmerung führen, gar nicht vorhanden sind. Die Ansicht Paltauf's, dass es zu einem Abreissen der Lamina interna von der Diploe kommt, dürfte nicht zutreffend sein, da ja danach die Bruchlinie an der Grenze zwischen Diploe und innerer Tafel verlaufen müsste. Dies ist aber nicht der Fall, sondern sie verläuft schräg in der Substanz der Glastafel oder auch der der Diploe und von da ohne scharfe Grenze, aber an Abschrägung gewinnend, hinein in die Glastafel oder in die Externa. Paltauf beschreibt selbst, dass die auffallendste Abschrägung in jener Schichte des Knochens beginnt, wo Glastafel und Diploe aneinander stossen. Wenn der Bruch

also schräg verlaufen soll, muss er die Glastafel schräg durchziehen und nicht entlang der Grenze zwischen Glastafel und Diploe.

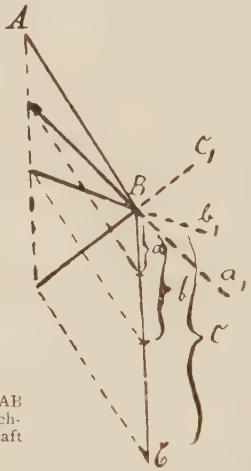
Die Thatsache, dass mit der Dicke der Tafeln die Abschrägung wächst, die Bildung der erwähnten, seltsamen Fragmente, sowie überhaupt der Mechanismus der Lochbrüche findet vielleicht in Folgendem eine einheitliche, bessere Erklärung. Lochbrüche mit und ohne Substanzverlust mit zertrümmertem oder in Zusammenhang gebliebenem Fragment entstehen, wenn Kugeln, Hacken oder auffallende Zapfen, mit grosser Gewalt geführte Stiche den Schädel treffen, oder der Schädel selbst mit grosser Gewalt gegen eine Ecke oder Spitze stösst. Allen diesen ursächlichen Momenten ist die physikalische Eigenschaft der Stosswirkung eigentümlich. Die Stosswirkung ist dadurch charakterisiert, dass eine Kraft nur sehr kurze Zeit hindurch, aber mit grosser Intensität wirkt, so dass sie eine plötzliche Änderung der Richtung oder Geschwindigkeit der Bewegung herbeiführt. Infolge ihrer kurzen Wirkungsdauer kann nur das Endresultat der Wirkung beobachtet werden, welches in der Erzeugung einer gleichförmigen und geradlinigen Bewegung besteht, wenn nicht noch andere, dauernde Kräfte vorhanden sind, welche die Richtung und Geschwindigkeit stetig ändern. Ist die Richtung der auf den bewegten Körper wirkenden Kraft gegen diejenige der bereits bestehenden Bewegung unter einem beliebigen Winkel geneigt, so bewirkt dieselbe eine Änderung in der Richtung der Bewegung, und die Bewegung wird eine krummlinige. Man denke sich nun das Schädeldach aus kleinsten Teilchen zusammengesetzt, eine Schicht über der anderen. Die Massenteilchen bilden die Knotenpunkte der Cohäsionskräfte, die das Ganze zusammenhalten. Jedes einzelne Massenteilchen wird also durch parallel und senkrecht zur Oberfläche wirkende Kräfte in seiner Lage gehalten. Jetzt möge eine Kugel, die man sich ebenso aus einzelnen Massenteilchen bestehend denkt, das Schädeldach treffen, indem immer einem Massenteilchen der Kugel ein Massenteilchen der getroffenen Fläche entspricht. Welche Kräfte werden dann auf ein Massenteilchen der äussersten Peripherie

der von der Kugel getroffenen Stelle einwirken? Erstens wird es einen Stoss in der Richtung der Flugbahn des Geschosses erhalten; diesem wird sich eine entgegenwirkende Kraft von den darunter liegenden Teilchen her entgegensetzen. Ausserdem wird von der nicht getroffenen Umgebung ein Zug auf das Teilchen ausgeübt werden. Angenommen, die Stosskraft des Geschosses vermag die direkt entgegenwirkende Kraft zu überwinden, so würde sie doch eine Ablenkung nach der Seite hin erfahren müssen durch den Zug, der von der nicht getroffenen Umgebung auf das Teilchen ausgeübt wird, und das Teilchen würde in einer Richtung und mit einer Kraft seitlich und vorwärts geschleudert, die genau der Resultante der Zugfestigkeit und der um die rückwirkende Festigkeit, den Widerstand gegen das Zerdrücken, verminderten Propulsionskraft entspräche. Die einmal seitlich, wenn auch unter noch so kleinem Winkel abgelenkte Kraft, muss schon an der nächsten Lamelle eine stärkere seitliche Ablenkung erfahren, da jetzt der Widerstand gegen das Zerdrücken sich nicht einfach subtrahiert von der Stosskraft, sondern unter einem Winkel ihr entgegen wirkt, was notwendig zu einer noch stärkeren seitlichen Ablenkung führen muss, da der seitliche Zug nebenbei immer vorhanden ist. Der seitliche Zug muss sich von der Peripherie der getroffenen Stelle her den mehr central gelegenen Teilchen mitteilen, so dass auch diese eine seitliche Ablenkung erfahren in ihrer durch das Geschoss mitgeteilten Bewegung; allerdings wird der seitliche Zug nach dem Centrum des getroffenen Stückes hin immer schwächer werden. Da nun in dieser Weise alle Teilchen der Peripherie beeinflusst werden, so muss die Stosswirkung des Projektils in Form eines Kegels, dessen Spitze der stossenden Kraft zugewendet ist, in dem Ziele sich fortpflanzen und zwar wird die Stosswirkung in der Mitte des Kegels eine intensivere sein, da hier eine grössere Kraftwirkung auf einen kleineren Raum als peripherwärts zur Wirkung kommt. Kocher sieht auch die Entstehung der kegelförmigen Fragmente und trichterförmigen Schusskanäle als eine Folge der Stosswirkung an, die er als beginnende „Sprengung“ bezeichnet. Er nimmt an, dass der Stoss da-

durch seitlich abgelenkt werde, dass das mit grosser Geschwindigkeit auftreffende Geschoss die erst getroffenen Teile und die jeweilen folgenden Schichten nicht rasch genug vor sich herzutreiben vermag, wahrscheinlich, weil in dieser Richtung zu rasch das Maximum der Kompression der ätherischen Zwischensubstanz zwischen den kleinsten Teilchen erreicht wird und dieselben daher seitlich ausweichen müssen. v. Hofmann hält ein in Kegelform erfolgendes Ausstrahlen des Projektilstosses als massgebend für den kegelförmigen Knochenausbruch. — Aus der beifolgenden einfachen Konstruktion des Kräfteparallelogramms folgt, dass bei zunehmender lebendiger Kraft des Geschosses der Kegel immer steiler



Der Punkt B, auf den die Kräfte AB und BC einwirken, wird sich in den Richtungen a, b, c, bewegen, wenn die Kraft BC die Grösse a, b, c hat.



Die Kraft AB wird eine Ablenkung in den Richtungen a, b, c, erfahren, wenn die ihr unter einem Winkel entgegenwirkende Kraft BC die Grösse a, b, c hat.

Schematische Darstellung des kegelförmigen Ausstrahlens des Projektilstosses auf das Schädeldach. Nach dem Centrum zu werden infolge der abnehmenden Beeinflussung durch den seitlichen Zug die seitlichen Ablenkungen geringer, die Kraftlinien verlaufen steiler und dichter als an der Peripherie. In der tabula externa werden die Kraftlinien infolge des erhöhten Widerstands auffallend schräg verlaufen.

werden muss, dass dagegen bei gleichbleibender Geschosskraft, aber erhöhter, rückwirkender Festigkeit des Zieles der Kegel immer weniger steil werden muss, ja dass sein Mantel einen leicht gekrümmten Hang bilden wird, wie dies an vielen Präparaten, z. B. an dem beschriebenen aus dem Helferich'schen Atlas, auch zum Ausdruck kommt.

Stösse, die im Stande sind, einen völligen Bruch zwischen dem getroffenen Stück und seiner Umgebung hervorzurufen, werden also um so steilere Kegel erzeugen, je grösser ihre Intensität ist bis zu der Grenze, wo die höheren Grade der

Kocher'schen „seitlichen Sprengung" in Kraft treten. Anders ist das Verhalten der Stösse, die eine Fraktur aller drei Schichten nicht zu erzeugen vermögen, sondern nur isolierte Frakturen der Interna oder Externa, je nachdem ob die Gewalt von aussen oder von innen kommt. Hier beobachtet man, dass mit der Grösse der Kraft auch die Grösse und Breite des Trichters wächst. Kocher schreibt darüber: „Die beste Aufklärung, wie wir die trichterförmige Erweiterung des Ausschusses aufzufassen haben, geben die bekannten partiellen Schädelschüsse, wo bloss auf der Vitreaseite ein flacher Kegel losgesprengt ist analog den Sandsteinplattenexperimenten." Bei Schüssen auf eine 9 cm dicke Sandsteinplatte beobachtete er, dass sich an der Einschussseite ein dem Schützen zugewendeter Trichter fand, dann eine bis 6 cm dicke Schicht anscheinend völlig intakter Platte kam, aber auf der abgewendeten Seite völlig ausser Zusammenhang mit dem Defekt auf der Einschussseite wieder ein dem Schützen abgewendeter bedeutender, trichterförmiger Defekt eingetreten war. Zur Erklärung dieser Erscheinung führt er an: „Der Stoss kann sich von Teilchen zu Teilchen fortleiten, ohne in erkennbarer Weise deren gegenseitige Lagerung zu beeinflussen, wenn die Verschiebung nicht über die Elasticitätsgrenze hinausgeht, und kann trotzdem auf Entfernung und abseits von der Schussrichtung erhebliche Effekte hervorbringen. . . . Das Experiment mit der Sandsteinplatte wird am besten illustriert durch das bekannte Experiment mit einer Reihe hintereinander hängender Billardkugeln, welche sich gegenseitig berühren. Auch da bleiben bei plötzlichem Stosse die mittleren Kugeln — gleiche Grösse vorausgesetzt — vollkommen still, wenn man die erste Kugel gegen dieselben fallen lässt, bloss die letzte Kugel wird fortgeschleudert." Diese Erklärung erläutert vorzüglich das Sichfortpflanzen des Stosses in der Substanz und das Sichlosreissen der Massenteilchen an der gegenüberliegenden Seite bei genügender Stärke desselben, nicht aber die Trichterform und die mit dem Wachsen der Stosskraft zunehmende seitliche Ablenkung der Bewegung. Vielleicht kann man im Folgenden eine Erklärung sehen. Man denke sich wieder das Ziel aus Massen-

teilchen bestehend. Ein Massenteilchen der Peripherie der getroffenen Stelle würde dann folgendermassen um seine Gleichgewichtslage schwingen. Es erhält einen Stoss senkrecht zur Oberfläche des Körpers, der es in ein tieferes Niveau als das der nicht getroffenen Umgebung herabzudrücken sucht. Ein gewisses Mass von Kraft muss überschritten werden, um das zu ermöglichen. Wird es überschritten, so stellt sich sofort der Widerstand gegen das Zerdrücken mit einer ebenso grossen Kraft entgegen, als der Zuwachs der Stosskraft beträgt und reduciert sie immer wieder auf das unwirksame Mass, so tief auch immer das getroffene Teilchen herabgefedert ist. Gleichzeitig erfährt die Cohäsionskraft zu dem Nachbarteilchen der nicht getroffene Umgebung eine Inanspruchnahme um so stärker, je tiefer das getroffene Teilchen herabfedert, je mächtiger also der Stoss ist, und übt einen seitlichen Zug auf das getroffene Teilchen. Der seitliche Zug würde also genau im Verhältnis der Intensität des Stosses wachsen, während die Stosskraft immer wieder auf das konstante Mass von dem Widerstand gegen das Zerdrücken beschränkt wird. Die senkrecht auf das Teilchen einwirkende Kraft bleibt also immer konstant, während der seitliche Zug bei zunehmender Intensität des Stosses immer wächst. Diese beiden Komponenten ergeben eine Resultierende, die immer weniger steil wird, je grösser die Stosskraft wird und mit ihr der seitliche Zug, vorausgesetzt immer, dass die Gewalt nicht so gross wird, dass sie die Cohäsionskraft überwindet. Der einmal schräg vorwärts abgelenkte Stoss wird sich nun in der Substanz fortpflanzen, indem ein Teilchen dem andern seine Bewegung mitteilt, genau wie bei dem Billardkugelexperiment, und auf der abgewandten Seite werden bei gehöriger Stärke der fortgepflanzten Bewegung im Bereich der Wirkungszone die Teilchen aus dem Zusammenhange herausgeschleudert werden durch die ihnen mitgeteilte Wucht, da sie dieselbe an Teilchen weiterer Lamellen nicht abgeben können und so gewissermassen der Stütze entbehren. Denkt man sich so die trichterförmigen, isolierten Frakturen der tabula int. oder ext. durch Stosswirkung und durch Fortleiten der Be-

wegung durch die Substanz entstanden, so gewinnt man auch eine Vorstellung davon, wie es nach dem geschilderten Mechanismus zur Bildung der kegelstumpfartigen Fragmente kommt. Da ja die Druckfestigkeit zur Zugfestigkeit sich wie 12 : 9 verhält, der Knochen dem Zerdrücken, Zermalmen also einen bedeutend grösseren Widerstand entgegensetzt, so ist der Fall wohl denkbar, dass die Intensität eines Stosses hinreicht, die Zugfestigkeit des Knochens zu überwinden, also eine Fraktur aller drei Schichten des Knochens zu erzeugen, nicht aber im stande ist, die getroffene Stelle zu zermalmen. Kocher, der die den Massenteilchen mitgeteilte Bewegung als «Schleuderbewegung» bezeichnet, sagt: «Der Kegelmantel entspricht den Grenzlinien, wo die nach den Seiten abnehmende Schleuderwirkung gerade noch Kraft genug hatte, die Cohäsion der Zielteile aufzuheben. Sie ist also schon beginnende Sprengwirkung.» Aus obigen Erörterungen würde sich Folgendes ergeben:

Die Entstehung der Trichterform bei Lochbrüchen ist die Folge einer Stosswirkung. Die Steilheit des Trichters ist bedingt durch die Intensität des Stosses, durch die Grösse der Zug- und Druckfestigkeit der Substanz. — Schon Teevan hat bei seinen Versuchen beobachtet, dass die Ausgangsöffnung das Maximum an dicken oder harten Schädeln, das Minimum an weichen oder dünnen erreichte. — Lochbrüche mit Aussprengung zusammenhängender Fragmente von der Form abgestumpfter Kegel sind die Folge von Stössen, die wohl imstande sind, die Zugfestigkeit des Knochengewebes zu überwinden, nicht aber die bedeutend grössere Druckfestigkeit. Isolierte Absprengung der Vitrea oder der Externa ist die Folge eines Stosses, der an der getroffenen Stelle des Zieles nicht fähig ist, die Cohäsionskräfte zu überwinden, da die Teilchen der erstgetroffenen Lamelle bei ihrem Anprall an die zweite Lamelle die ihnen mitgeteilte Bewegung an diese abgeben, selbst aber zur Ruhe kommen. Die Teilchen der äussersten Lamellen der dem Stosse abgewendeten Seite werden, da sie

den Stoss nicht weiter abgeben können, durch die ihnen mitgeteilte Wucht bei gehöriger Stärke desselben aus ihrem Zusammenhange sich lösen und dadurch die Bildung eines trichterförmigen Defektes herbeiführen, da in der Mitte die Stosswirkung am intensivsten ist, nach der Peripherie hin abnehmend.

Das im Bilde wiedergegebene Präparat stammt von einem Fall, der am 20. Februar 1902 in der hiesigen Klinik zur Behandlung kam. Der neunzehnjährige Maschinenbauer Gustav Werdehausen fiel bei der Arbeit mit dem Hinterkopf gegen die Kante eines Schubkarrens. Er war momentan bewusstlos, erholte sich aber sogleich wieder und konnte ohne Hülfe die Klinik aufsuchen. — Am Hinterkopf des sehr muskulösen, gut genährten Mannes befand sich eine etwa pfennigstückgrosse, livid verfärbte, gequetschte Stelle ohne äussere Wunde. Von seiten des Nervensystems bestand kein Befund. — Die gequetschte Stelle wird mit dem Messer excidiert. Dabei zeigt sich eine Impression am Knochen und bei näherem Zusehen erweist es sich, das ein Stück Knochen völlig abgesprengt und nach innen gedrückt ist. Es wird zur Erweiterung des Loches der Knochen in der Umgebung abgekniffen nach der Verlängerung des Hautschnittes beiderseits um je 2 cm und das Fragment herausgeholt. Die Wunde wird dann mit Jodoformgaze tamponiert und ein komprimierender Verband angelegt. Am 6. März wird Patient in Heilung in ambulante Behandlung entlassen. Die Heilung verlief vollkommen reaktionslos.

Das Fragment besteht aus allen drei Schichten des Schädeldaches. Von der lamina ext. ist ein etwa pfenniggrosses, dünnes Stück losgebrochen, dem seitlich noch zwei

kleinere Stücke von je halber Fingernagelgrösse anhaften, die durch Fissuren sowohl von dem Mittelstück als auch untereinander getrennt sind. Die seitlichen, kleineren, etwas dickeren Stücke zeigen deutlich abgeschrägte Ränder. Die Abschrägung setzt sich auf die Diploe fort und von dieser, an Steilheit kaum verlierend, auf die lamina int. An der von den kleineren Fragmenten freien Seite des Mittelstückes beginnt die Abschrägung schon in der Diploe ganz flach zu werden, so dass von der Mitte nach dem Rande des Bruchstückes an Höhe abnehmende Knochensäulchen der Diploe wahrzunehmen sind und die Bruchlinie in gerader Fortsetzung dieser Höhenabstufung in die vitrea hinein sich erstreckt, um hier noch flacher zu verlaufen. Die Dicke des ganzen Fragmentes beträgt wohl kaum $^1/_2$ cm. Die Gegend der kleineren Stücke ist etwas dicker. — Nach der angeführten Theorie müsste man annehmen, dass an der Seite des steileren Abhanges des Fragmentes der Stoss intensiver gewesen sein müsse. — Als Bestätigung dieser Annahme kann man es wohl ansehen, dass sich bei der Betrachtung des Bruchstückes von der Vitreaseite her an der Stelle, die der steileren Abschrägung und den kleineren Bruchstücken der Externa entspricht, die Vitrea sich unregelmässig von einem Centrum aus fissuriert zeigt. Das Präparat ist also ausserordentlich lehrreich, indem es zeigt, dass der stärkeren Gewalteinwirkung ein steilerer Abfall der Bruchlinie entspricht als der schwächeren, dass ein Abreissen der Vitrea von der Diploe oder der Diploe von der Externa, wie Paltauf es annimmt, wohl nicht in Frage kommen kann, da der Bruch schräg die Diploe selbst durchzieht. Die Lamina int. ist, da die Bruchlinie in ihr noch schräger verläuft, in weit umfangreicherem Masse, etwa in der Grösse eines Zweimarkstückes, gebrochen.

Von einer Lochfraktur pflegen besonders bei wenig intensiven Gewalten concentrische und radiäre Sprünge auszugehen; je grösser die Durchschlagskraft wird, desto seltener werden diese bis zu der Grenze, wo die Kocher'sche seitliche Sprengung in Kraft tritt. Die concentrisch eine Lochfraktur umkreisenden Fissuren verdanken wohl einer Dehnungswirkung ihr Entstehen. Denn derselbe Zug, den die Um-

gebung auf die getroffene Partie ausübt, den erleidet sie selbst nach dem Satz, dass die Aktion gleich der Reaktion ist. Es wird also in den Linien grösserer Spaltbarkeit zur Bildung von Fissuren kommen. Diese concentrischen Sprünge geben oft, wie v. Hofmann und Paltauf gezeigt haben, genau die Konturen des stossenden Instrumentes wieder, so dass bei einem Schlag mit einem Hammer von viereckiger Haufläche mehrere Reihen paralleler, rechtwinklig gebogener Fissuren die getroffene Stelle umziehen. Die radiär von einer Lochfraktur ausgehenden Sprünge sind wohl, wie schon erwähnt wurde, als Keilwirkung anzusehen, da sie besonders bei Spitzkugeln von geringer Durchschlagskraft zur Beobachtung kommen. Teevan sah, dass wenig oder gar keine Sprünge auftraten, wenn er mit vorn abgestumpften Kugeln und mit starker Ladung schoss. Die radiären, kurzen, äusserst zahlreichen Sprünge, verbunden mit grösserer Ausweitung des Einschusses, sind das Produkt der Kocher'schen Seitenwirkung, welche bei Geschossen mit sehr hoher Anfangsgeschwindigkeit zur Wirkung gelangt.

Die furchtbaren Schusseffekte, welche die modernen Kleinkalibergeschosse von 640 m und mehr Anfangsgeschwindigkeit am Schädel hervorbringen, beruhen darauf, dass die lebendige Kraft des Projektils dem festweichen Gehirn sich mitteilt, und sind dementsprechend je nach der Grösse der Entfernung verschieden stark. Die Abnahme der verheerenden Wirkung gestaltet sich nach der von v. Bergmann gegebenen Schilderung im Handbuch der praktischen Chirurgie etwa folgendermassen. Auf Entfernungen bis zu 50 m wird der Schädel mit der ihn deckenden Kopfschwarte in viele Stücke und Teile zerrissen. Von 50 m Entfernung an bewahrt die Kopfschwarte ihren Zusammenhang. Der Schädel ist in viele Stücke zertrümmert. An der Kopfschwarte zeigen sich zwei grosse Defekte, die Ein- und Ausschussöffnung, aus denen Gehirnmasse hervorquillt. Bei 100 m Entfernung lassen sich zwei Spaltungszonen unterscheiden. Die Bruchlinien gehen teils radiär von den Schussöffnungen aus, teils umkreisen sie dieselben. Die Spalten vereinigen sich miteinander, so dass sie wie ein über den Schädel ge-

worfenes Netz sich ausnehmen. Von Distanz zu Distanz erfolgt eine Abnahme der Schusswirkung, so dass bei 2700 m Entfernung eine Verletzung beobachtet wurde, bei der die Kugel im Gehirn stecken geblieben war. Die Sprengwirkung, welche bei diesen Schüssen zu Tage tritt, ist eine Äusserung des hydrodynamischen Druckes und nicht des hydraulischen. Das folgerten v. Koler und Schjerning aus dem Umstande, dass die Zerreissung der Wandungen eines mit Wasser gefüllten Gefässes ebenso im geschlossenen wie breit offenen Gefässe geschehen. Die hydraulische Pressung könnte nur ein völlig geschlossenes Gefäss sprengen; der hydrodynamische Druck, der in der Flugrichtung des Geschosses wesentlich stärker als in allen anderen Richtungen ist, muss auch das offene Gefäss sprengen. Bei der hydraulischen Pressung muss die Auseinandersprengung des Gefässes momentan beim Eintritte des Geschosses geschehen, so dass dieses bei seiner Ankunft an der gegenüber liegenden Seite diese schon geöffnet findet. Wurden aber die herausgebogenen Stücke der metallenen Trommel wieder zusammengefügt, so fand sich jedesmal an ihnen die Ausschussöffnung. Das festweiche Hirn hat die für die Aufnahme der lebendigen Kraft des Geschosses notwendigen physikalischen Eigenschaften, indem es die geringste Kompressibilität mit der leichtesten Verschieblichkeit seiner Teilchen verbindet.

Nicht nur die Grösse der Geschwindigkeit und der Angriffsfläche, die Form des Werkzeugs und die Richtung, aus welcher der Angriff erfolgte, sondern auch die anatomische Beschaffenheit der getroffenen Stelle bestimmen, wie schon anfangs hervorgehoben wurde, die Form der Zusammenhangstrennung am Schädeldach. Die charakteristischsten Frakturformen zeigen sich nach Paltauf am Stirn-, Scheitel- und Hinterhauptbein. «Anders in den Schläfen», schreibt er, «wo ein einzelner Hieb schon eine unregelmässige Fraktur erzeugen kann, an der man höchstens vielleicht einen quer ziehenden Mittelbruch findet. Treffen mehrere Hiebe neben einander den Schädel, so kann der Charakter der Hiebwunde ganz ausgelöscht werden, besonders an der Schläfe". Bei Stichverletzungen zeigt die Schläfe das-

selbe Verhalten, nämlich das unregelmässige Einbrechen der begrenzenden Knochenpartien. An der Nasenwurzel, an den Ansatzstellen des Jochbogens, an den Augenbrauenwülsten bricht der Knochen oft ganz unregelmässig ein, wie Paltauf bei seinen Versuchen beobachtete, ohne dass im entferntesten eine Beziehung zwischen Loch und Werkzeug beobachtet werden kann. v. Bergmann beobachtete, dass meistenteils das Scheitelbein Sitz der isolierten Brüche der Glastafel war, während man sonst anzunehmen geneigt war, dass diese Brüche die dünnsten Schädelstellen bevorzugten. Er schreibt darüber: „Wie die Frakturen der äusseren Tafel allein nur dort entstünden, wo eine mächtige Diploeschicht beide Tafeln trennt, so sollten umgekehrt die der inneren vorzugsweise an den dünnsten Schädelstellen zu stande kommen. Die Erfahrung bestätigt diese Annahme nicht, denn unsere Zusammenstellung ergiebt, dass meistenteils das dicke Scheitelbein und oft gerade die Gegend des tuber parietale Sitz des Bruches in der Glastafel war.“ Die isolierten Frakturen der tabula ext. haben einen leicht verständlichen Mechanismus. Man beobachtet sie besonders bei schräg auftreffenden Gewalten, z. B. bei kunstvoll geführten Hieben mit dünnen, sehr scharfen Waffen, wenn man die Klinge mehr durch Zug als durch Druck wirken lässt, bei schrägen Stichen und an Stellen des Schädels, wo die Diploe in besonders mächtigen Schichten angehäuft ist, wie am Processus mastoideus, den Stirnhöhlen, dem Processus zygomaticus des Frontale und vielleicht auch der Protuberantia externa des Occipitale. Streifschüsse der modernen Handfeuerwaffen verursachen fast durchweg, auch wenn sie annähernd tangential das Schädeldach treffen, nach v. Bergmann Brüche der inneren Tafel oder Brüche beider Tafeln infolge der gewaltigen Seitenwirkung dieser Geschosse. Eine Ausnahme machen hier nur die oben aufgezählten, mit mächtigen Diploeschichten versehenen Stellen. Das Washingtoner Kriegsmuseum besitzt nach v. Bergmann kein einziges Präparat von Schussverletzungen bloss der tabula externa, ausgenommen die Gegend der Stirnhöhlen und des Zitzenfortsatzes.

* * *

Zum Schlusse spreche ich meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geheimrat Professor Dr. Helferich, meinen ehrerbietigsten Dank aus für die Erlaubnis, dieses Thema bearbeiten zu dürfen und für das mir dabei bewiesene liebenswürdige Entgegenkommen. Herrn Privatdocent Dr. Göbell sage ich meinen verbindlichsten Dank für die liebenswürdige Durchsicht des Konceptes.

Ernst Teller, approb. Arzt.

Litteraturverzeichnis.

1. E. v. Bergmann, Die Lehre von den Kopfverletzungen. Stuttgart 1880.
2. E. v. Bergmann, Handbuch der praktischen Chirurgie, 1. Band, Chirurgie des Kopfes 1. Abschnitt 4. Kapitel, 1900.
3. P. v. Bruns, Die Lehre von Knochenbrüchen. Stuttgart 1886.
4. Bohl, In Sachen der Schädelbrüche. Deutsche Zeitschrift für Chirurgie 1896, Band 43 Seite 537.
5. H. Helferich, Atlas und Grundrisse der traumatischen Frakturen und Luxationen. 5. Auflage, München 1901.
6. A. Hoffa, Lehrbuch der Frakturen und Luxationen. 3. Auflage, 1896.
7. Th. Kocher, Zur Lehre von den Schusswunden durch Kleinkalibergeschosse. 1895 Cassel, Bibliotheka medica, Abteilung E, Heft 2.
8. A. Paltauf, Über die Gestalt der Schädelverletzungen. Eulenbergs Vierteljahrsschrift für gerichtliche Medicin und öffentliches Sanitätswesen, Band 48, Seite 332, 1888 Berlin.
9. W. F. Teevan, Experimentelle Untersuchungen über gewisse Schädelwunden. Schmidts Jahrbücher 1864, Band 124, Seite 304.
10. E. v. Hofmann, Atlas der gerichtlichen Medicin. München, Lehmanns Verlag.

Lebenslauf.

Ich, Ernst Friedrich Otto Teller, evangelischer Konfession, wurde geboren am 15. März 1878 zu Königshayn, Kreis Görlitz, Oberlausitz, als Sohn des Pastors Ernst Teller und seiner Ehefrau Ida geb. Pannewitz. Von meinem Vater bis zur Reife für Obertertia privatim vorbereitet, besuchte ich von Ostern 1892 ab das Königliche Gymnasium zu Brieg, Schlesien. Ostern 1898 verliess ich dasselbe mit dem Zeugnis der Reife und studierte von da an in Greifswald Medicin. Im Februar 1900 bestand ich dort das Tentamen physicum. Von Michaeli 1900 bis Michaeli 1901 studierte ich in Berlin, von Michaeli 1901 ab an der Christian Albrecht-Universität in Kiel. Am 16. Januar 1903 bestand ich das medicinische Staatsexamen und am 26. Februar das Rigorosum.